

# 地図を読み慣れない児童の避難行動を支援する 振動型避難方向指示システムの提案

安井 友徳<sup>\*1</sup> 北村 尊義<sup>\*2</sup> 泉 朋子<sup>\*3</sup> 仲谷 善雄<sup>\*2</sup>

## A Proposal of Vibration-based Evacuation Indication System for Children Who Are Not Used to Using Maps

Tomonori Yasui<sup>\*1</sup>, Takayoshi Kitamura<sup>\*2</sup>, Tomoko Izumi<sup>\*3</sup> and Yoshio Nakatani<sup>\*2</sup>

**Abstract** - Studies on disaster prevention is actively developed. However, most of them target adults as users. For example, several evacuation support systems use map. It is difficult for children to use these systems because they are not used to using maps. This paper proposes an evacuation indication system using vibration for children who are not used to using maps. This system gives direction information about an evacuation route using vibration to children. When users turn a device equipped with this system in a direction to a target point on an evacuation route, it vibrates and tells users the route. In developing the proposal system, we conducted a preliminary experiment to research an optimal degree for the detection of directions. As a result, we confirmed that plus or minus 20 degrees around a direction to a target point is optimal for navigation. Applying this parameter to our system, we conducted an experiment with 6 children for evaluation of effectiveness. The results of this experiment showed that a proposal system can lead children to the target destination.

**Keywords:** Evacuation support, Children, Haptic interface, and Vibration degree

### 1. はじめに

2011 年に発生した東日本大震災では国内観測史上最大のマグニチュード 9.0 を観測し<sup>[1]</sup>, 多くの人的被害を受けた。この地震が多くの死者をもたらした原因として挙げられるのが津波である。死因の 90%以上が溺死であると言われており<sup>[2]</sup>, 地震そのものによる死者はほとんどいなかった。このことから、地震が発生した場合には地震後の避難などの事後対応が被害を抑えるために重要となる。

また、近年の共働き世帯数の増加傾向<sup>[3]</sup>により、自宅で小学校低学年や中学年の子どもが保護者不在の状況で留守番をするケースの増加してきている。このような状況で津波のような 1 分を争う避難が必要な災害が発生した場合、保護者の帰宅を待っているよりも子供が単独で避難を開始する方が被害に遭わなくて済む可能性は高いといえる。もちろん、周囲の大人が誘導して避難をすることが望ましいが、そのような大人がいない状況も考えられる。しかし、判断力の未熟な子どもが災害時に単独で避難することは非常に危険である。例えば、子どもが

想定していた避難経路が道路の亀裂や周辺の建物の火災など、何らかの理由で通行できない場合、迂回する経路が思いつかずに立ち往生する可能性がある。また、現在利用されている避難支援システムは小学校低学年や中学年の子どもを対象としたものがほとんどない。例えば、発災直後に被災者に対して適切な避難経路を提示するシステムの多くは地図を利用しており、地図を読み慣れていない子どもにとって使いやすいとは言い難い。本研究では小学校 1 年生から小学校 3 年生を対象とし、それらを以下では「児童」と呼ぶことにする。

本研究では、地図や文字の利用に困難な児童が、保護者不在の状況で単独で避難するときに避難所までの避難経路を携帯型端末の振動によって提示するシステムを提案する。提案方式はユーザが手に握った端末が避難所までの経路の方向に向けるときに振動することで、ユーザに避難経路の方向を提示する。地図による視覚情報ではなく振動による触覚刺激を用いることで、児童にとってわかりやすい案内を実現し、避難するときに画面等を注視することなく周りの様子を確認しながら避難できると考えられる。

### 2. 関連研究

#### 2.1 幼児向けの保護者との位置関係情報

災害時ではないが、子どもが迷子になるという緊急時において、子ども側から保護者を見つけ出すための研究がある。岡田らは 4 歳から 6 歳の幼児がイベント会場などで迷子になった場合、幼児と保護者の持つ端末の GPS の位置情報から、幼児から見た保護者への方向と距離を

\*1: 立命館大学大学院 情報理工学研究科

\*2: 立命館大学 情報理工学部

\*3: 大阪工業大学 情報科学部

\*1: Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University.

\*2: College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University.

\*3: Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology.

計算し、幼児が持つ端末の振動によって幼児と保護者の位置関係を提示することで、幼児から保護者を見つけることができる迷子防止システムを提案している<sup>[4]</sup>。幼児が手に握った端末を保護者の方向に向けた場合に振動することで方向情報を提示し、保護者との距離が近づくに従って振動パターンを変化させることで距離情報を表現する。岡田らが実施した評価実験によると、参加した幼児6人全員がこの振動による情報提示によって保護者のいる位置まで到達することができた。また、実験後のインタビューでは6名中5名が振動における情報提示をわかりやすいと答えた。このことから、振動による情報提示は小さな子供にとって直感的でわかりやすいといえる。

岡田らの研究ではイベント会場などの広場で利用されることを想定しており、児童と保護者の直線的な方向のみを対象としている。そのため、途中で曲がり角のある経路のルート案内については検討されていない。本研究では、避難所等の目的地への直線的な方向に振動するのではなく、経路上の分岐点に中継点を設定し、次の中継点への方向に振動する。つまり、目的地に至るまでに複数の中継点を経由する。本研究では中継点を経由するたびに振動方向が変化する状況下でも児童にとってわかりやすい経路案内となるかを検証する。

また、岡田らの提案システムでは端末を振動させる角度を算出した方位角から $\pm 15$ 度の範囲としている。本研究では交差点に複数の道が接続されている状況も想定し、ユーザはそこから適切な道を選択するため、本研究では端末を振動させる角度の最適な値が $\pm 15$ 度であるとは限らない。そのため、システムの開発段階で振動する角度の最適な値の調査を実施する。

## 2.2 牽引力錯覚による方向情報提示

地図を読むことができない、または読むことが難しい人々を対象に地図を使わない経路案内を試みる研究はいくつかある。雨宮らは視覚障害者を対象に、急速な加速度の変化から生じる牽引力錯覚を用いて方向情報を力触覚で伝達する携帯型のデバイスを提案している<sup>[5]</sup>。視覚障害者が単独で歩行する際に、本人の転倒や環境の変化（地震や道路工事、放置自転車など）によって方向感覚を失う場合がある。こうした状況で方位を知るための補助として、力触覚で方向情報を伝達することが雨宮らの研究の目的である。視覚障害者を対象とした方向提示の研究は雨宮らの研究以前にも存在していたが、その多くが聴覚情報を通じて方向を提示するものであった。しかし聴覚情報を用いた場合、駅などの環境雑音が大きい場所や災害時に避難用サイレンが鳴るような環境において、ユーザが必要な情報を聞き取れない可能性がある。雨宮らの提案システムは羅針盤型のデバイスで、特殊な加速度の変化によりデバイスを持つユーザの手に対して牽引力感覚、つまり手を引っ張られているような感覚を与える。これによってユーザに経路案内に必要な方向情報を

提示する。雨宮らが実施した評価実験は建物内にあらかじめ作成した迷路内で、日常的に白杖を持つ視覚障害者と持たない視覚障害者がシステムを使用して設定された経路を通過できるか検証するものであった。実験の結果、協力者23人中21人の歩行の誘導に成功した。また実験後のアンケートで「本手法は災害時に役に立つ」かどうかを調査した結果、すべての協力者から高い評価を得ており、その有用性も示された。このことから災害時ににおける力触覚を用いた経路案内が有効であることが示されたといえる。

雨宮らの提案システムは本研究の振動による情報提示より水準の高い力触覚を用いた方向提示のように思われる。しかし、特殊な装置が必要となるためすべての家庭に導入することは現実的ではない。本研究では専用端末を開発するのではなく、広く普及している個人用のスマートフォンを携帯型端末として利用することにより、導入しやすいシステムとする。

## 3. 振動による経路案内の方法と予備実験

### 3.1 児童向けの情報提示

本研究では災害時に避難が必要な状況において、児童が保護者不在の状況で単独で避難を行う場合、児童にもわかりやすい方法で避難経路を提示し、単独でも道に迷うことなく安全に避難するための支援を行うシステムを提案する。そのシステムの実現方法として以下のアプローチをとる。

#### (1) スマートフォンを利用

経路の情報を提示する端末にはスマートフォンを利用する。その理由として、ネックホルダーなどに入れることで着脱が容易になり避難中に横転する可能性のある児童でも比較的安全に使用できることが予想されるためである。さらに広く普及している端末であるので、ナビゲーションのためだけに特殊な装置を購入せず比較的導入が容易であると考えられるためである。

#### (2) 経路情報を振動によって提示

スマートフォンが目的地までのルートの方向に向いた場合に振動することで、ユーザである児童に経路の方向を提示する。振動を利用することで非日常的な災害時でも地図を読み慣れない児童にとって直観的でわかりやすい経路案内を実現できることが考えられる。また、地図などを利用した場合は画面を見ながら移動する必要があるが、避難中に画面を見ながら移動する、いわゆる歩きスマホは非常に危険である。提案システムでは児童が画面を見る必要はないため、常に周りの様子を確認しながら移動することができる。

### 3.2 提案システムのフロー

システムのフローを以下に示す。なお、目的地とその目的地までの経路、および経路上の中継点を自動決定する過程は本研究では取り扱わない。

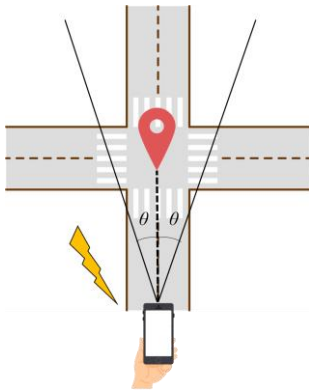


図 1 振動イメージ

Fig.1 Vibration Image.

Step1 目的地までのルートを Google Maps API を利用してポリラインで表現する。Google Maps API を用いることによってルートのポリラインを生成し、そのポリラインの頂点を取得する。さらにポリラインの各頂点の緯度と経度を取得し、ユーザに通過させる順番に番号を割り当て、ポイントとして設定する。但し、Google Maps API から得られる頂点は車道上に存在することがあり、歩道を歩く歩行者にとっては位置のずれが生じる場合がある。そこで、このような場合にはポイントの緯度と経度を歩道側に調整することやポイントの個数を調整するなどを手作業で行った。なお、通過させるポイントの順番を  $i$ 、ポイントの個数を  $n$  とし  $i=n$  となるとときに目的地に到達するとする。 $i$  を初期値は 1 である。

Step2 ユーザの位置情報をスマートフォンの GPS から取得し、その位置情報から  $i$  番目のポイントの方位を算出する。また、ユーザが手に持つスマートフォンが向いている方位も算出する。

Step3 図 1 に示すようにスマートフォンの方位と現在地から  $i$  番目の方位の差が  $\pm \theta$  度以内である間はスマートフォンを振動させる。

Step4 ユーザの現在位置がポイント  $i$  付近に到達したとき、 $i = n$  であれば案内を終了する。そうでなければ  $i$  の値を  $i+1$  に更新し Step2 の処理から再度行う。

この手順によりユーザをスマートフォンの振動によって目的地に到達させる。なお、Step1 でのユーザの通過させる緯度と経度の情報を持つポイントは、その付近を通過するとスマートフォンの振動する方向が変わるので以下では「Change Direction Point: CDP」と呼ぶことにする。

### 3.3 予備実験条件

提案システムではユーザの現在地から次に進む CDP に対する方位を算出し、その方位に対してユーザがスマートフォンを向けると振動することで経路案内を行う。そこで、スマートフォンを用いて提案システムのような振動による経路案内を行う場合の最適な角度  $\theta$  を調査するために予備実験を実施した。本論文では角度  $\theta$  を振動角度  $\theta$  と呼ぶ。提案システムの振動角度を、算出した方



図 2 システムの使用イメージ

Fig.2 Using Image of the System.

位から  $\pm 10$  度、 $\pm 15$  度、 $\pm 20$  度、 $\pm 25$  度に設定した 4 種類を用意し、18 歳以上の実験協力者 20 名に 4 種類すべてを利用してもらい、それぞれの角度の経路案内におけるわかりやすさについてのアンケートへの回答の依頼とインタビューを行った。その結果から 4 種類の角度のうち経路案内に最適な振動角度を調査する。

予備実験は滋賀県草津市内で実施した。あらかじめ目的地までの経路が設定された経路で提案システムを使用して目的地まで歩いてもらう。これを 4 つの経路で 4 種類の振動角度をそれぞれ適用して行った。実験経路は様々な道路環境を想定し、それぞれの経路に交差点が 5 ～ 7 か所含まれるように設定し、鋭角（50 度～60 度）と鈍角（120 度～130 度）に曲がる箇所を 1 実験につきそれぞれ 2～4 か所含まれるようにした。また、1 実験につき CDP 間にカーブしている道路が含まれるところを 1 か所設定した。1 経路終わるごとにアンケートとインタビューによる評価を行った。また、児童がシステムを使用することを想定して、実験協力者には図 2 のように予備実験の段階からネックホルダーにスマートフォンを挿入したものを首からかけてシステムを使用してもらった。

### 3.4 予備実験結果

実験の結果、実験協力者全員が本システムを利用して目的地に到達した。

また、予備実験のアンケートは VAS（Visual Analog Scale: ビジュアルアナログスケール）によって、ユーザが本システムの振動による経路案内をどの程度わかりやすいと感じるのか調査した。アンケート項目は、振動が示す方向のわかりやすさ、振動が示す経路のわかりやすさ、本システムの振動方向が変化することのわかりやすさの 3 項目設定した。評価値は各項目とも 0～100 で評価してもらい、数値が高いほどわかりやすいことを示す。このような方法で得られた評価値を基に、本システムによる経路案内のわかりやすさにおける振動角度の違いを分析するために分散分析を行った。以下にその結果を示す。

・方向のわかりやすさに関する評価

各振動角度の評価値の平均値は±20度が最も高かった。また、分散分析の結果、各振動角度による1%水準の有意差が認められた。以上のことから、提案手法による振動方向の感じ方は振動角度によって差があり、±20度が最も振動方向がわかりやすい値といえる。

・経路のわかりやすさに関する評価

各振動角度の評価値の平均値は±20度が最も高かった。また、分析の結果、各角度による1%水準の有意差が認められた。以上のことから、提案手法による振動が示す経路の感じ方は振動角度によって差があり、±20度が最も次に進む経路の把握がしやすいといえる。

・振動方向が変化することのわかりやすさ

各振動角度の評価値の平均値は±20度が最も高かった。また、分析の結果、各振動角度による1%水準の有意差が認められた。以上のことから、提案手法で振動方向が変化したことの感じ方は振動角度によって差があり、±20度が最も振動方向が変化したときに次に振動する方向が見つけやすいといえる。

以上すべてのアンケート項目において、算出された進行方向から±20度の範囲で振動することが本研究の提案する手法では有効であることが示された。

また、インタビューでは振動角度が小さい±10度では「振動が途切れ途切れに感じる」「振動方向が経路に対して少しずれた場合にどの経路を示しているかわかりにくかった」という意見があった。±25度では「振動方向が経路に対して少しずれた場合に（交差点で）振動する範囲に経路が2つあってどちらに進めばいいか迷った」という意見があった。端末が振動することで端末内のセンサにノイズが発生し、システムで算出される端末の方向の値が実際の端末の方向と若干の誤差が生じる現象やシステムで算出する端末の方向が不安定になる現象が観測されたので、それらが原因で振動角度を小さく設定すると振動が途切れてしまうことがあった。また、GPSの誤差による位置情報のずれが生じると、現在地から次のCDPの方向を算出する過程で実際の方向と少しずれた値が算出されてしまうことがあった。このことから振動角度が大きいと、振動方向が交差点などで変わったとき、振動が示す範囲に複数の経路がある場合があることが考えられる。以上のことから±20度が現在のスマートフォ

ンの精度等も考慮して振動によるナビゲーションに適した値であると判断し、本研究の提案システムではこの値を角度 $\theta$ として採用する。

## 4. 児童による試用実験

### 4.1 実験条件

提案システムの児童による試用実験を実施した。児童による試用実験では、あらかじめ設定された経路を児童が通過し目的地まで到達できるか調査することを目的とした。あらかじめ設定された正しい経路を通過したとする基準は指定されたすべてのCDPを5m以内の範囲で通過できたか、実験協力者が通過したCDPの順番とシステム内であらかじめ設定されたCDPの順番が一致したかどうかで判定する。また、システム使用後にインタビューによる評価も実施した。児童がシステムを使用する様子を記録するために、実験者が児童の後ろからその様子を撮影した。撮影で記録された児童の様子を図3に示す。また、児童の安全を確保するために撮影をする実験者に加えて、児童とその周囲を観察し、児童に車などが近づいた場合に危険を知らせる実験者を募り実験を行った。

児童による試用実験には児童6名が参加し、それぞれ140mから210mで4か所の交差点を含む経路を歩いてもらった。実験場所は児童の負担にならないよう、それぞれの児童が居住する市町村で設定した。実験に参加した児童の属性を表1に示す。実験に参加した児童はあらかじめ本人とその保護者に実験に参加する同意をしたうえで実験を実施した。

### 4.2 実験結果

実験結果を(I)あらかじめ設定された経路を通過し、目的地まで到達できたかどうか、(II)インタビューによるシステムの評価、(III)撮影された動画から観測された児童の様子、の3項目に分けて以下に示す。

(I)経路通過と目的地到達



図3 実験の様子

Fig.3 An Experimental Scene.

表1 参加者の属性

Table 1 Attributes of The Participants

児童	学年	性別	居住地
a	3	男	愛知
b	3	男	愛知
c	3	女	愛知
d	3	男	愛知
e	1	女	京都
f	2	女	滋賀

児童 a の実験中に一部システム不具合が観測されたので、a を除く実験協力者 5 名中 5 名全員が設定された経路を通過し、目的地に到達することができた。また、児童 a について、不具合が生じたときに 1 度設定された経路から外れたものの、途中で正しい経路に復帰し目的地に到達することができた。

## (II) インタビュー評価

システムの使用後に実施したインタビューでは本システムによる経路案内がわかりやすかったかどうか質問し、わかりやすかったと答えた児童にはわかりやすかった点、わかりにくいと答えた児童にはわかりにくかった点を質問した。システムによる経路案内をわかりやすいと答えた児童は、実験中に不具合がみられた児童 a を除く 5 名中 4 名で、残りの 1 名（児童 b）はわかりやすくもわかりにくくもどちらでもないと答えた。そのため、児童 b に対してはわかりやすかった点とわかりにくかった点の両方を質問した。また、児童 f からはシステムによる経路案内のわかりやすかった点に関して具体的な回答を得られなかった。インタビューの結果は以下のとおりである。

### ・わかりやすかった点

児童 b：道に対して真っすぐに振動していたのがよかった

児童 c：進む方向に真っすぐ振動していた

児童 d：振動していたのがよかった

児童 e：1 回目に道を曲がるときがわかりやすかった

### ・わかりにくかった点

児童 b：振動方向の切り替えが早かった箇所があり、そこがわかりにくかった

## (III) 観測された様子

児童 b は 1 秒以上立ち止まった回数が 14 回あり、他の児童と比べて多く（他の児童は 10 回以下）、10 秒以上立ち止まる回数が 4 回確認された。また、ある CDP 付近で振動する方向が切り替わる場面で、本来の CDP より約 3m 手前で振動方向が切り替わった。これによってスマートフォンが道に沿わない方向に振動し、児童 b は困惑しその地点で 39 秒立ち止まる様子が見られた。その結果、児童 b は道ではなく駐車場を歩き、駐車してあった車の後方を通過した。児童 c は曲がるときに 11 秒立ち止まる様子が一度だけ確認された。それ以外の箇所の分岐点のない直線的な道でも立ち止まることが数回あった。児童 d は立ち止まる回数は 5 回と比較的少なかったが道を曲がる箇所で次に振動する方向を探すために 10 秒以上立ち止まることが 3 回あった。しかし、同じ場所で実験を行った他の児童の中で最も短時間で目的地に到達した。児童 e は児童 c と同様、分岐点のない直線的な道で立ち止まることが何度かあったが、1 度に立ち止まる時間が他の児童に比べて短かった。児童 f は最初の CDP で立ち止まることなく次の振動方向を探ることができていた。

また、2 か所の CDP で立ち止まる時間が 1 秒と他の児童と比べてかなり短かった。ある CDP で、設定された進行方向と反対の方向に進む様子が見られたがすぐに立ち止まり設定された経路に復帰した。1 度だけ分岐点のない直線的な道で立ち止まる様子が見られたが、児童 f が経路沿いの民家に置かれた置物に興味を示したためである。

提案システムはシステムの画面を見る必要がないので、児童 c と児童 f は交差点に進入する手前で周囲を確認する様子も見られた。本実験ではほとんどの児童が道を曲がるときに交差点の直前で立ち止まり、次に振動する方向を探す様子が見られたが、児童 e は 1 度だけ、インタビューでわかりやすかったと答えた交差点において、交差点から 1m ほど離れた箇所で立ち止まる様子が確認できた。

## 4.3 考察

実験協力者全員が振動に従って道を歩いていたことや、インタビューにおいて振動に対して好意的な意見があったことから、児童に対して振動による道案内は有効であるといえる。

児童 b が立ち止まった回数が多かったのは他の児童と比べて曲がるときに次に振動する方向を探すとき、スマートフォンを動かす速度が速く、スマートフォンを動かす範囲が狭い様子が見られたことが原因として考えられる。今回の実験で用いたシステムは端末の方位を取得するために端末の加速度センサを利用した。そのため、スマートフォンを速く動かすことで加速度センサから取得される値にノイズが入り、正しい端末の方位を取得するのに時間がかかっていた可能性がある。

その他にも実験結果の違いには実験場所の要因も考えられる。滋賀県と京都府では公道をルートに設定していたのに対して、愛知県では小学校の敷地内をルートとして設定したことも特定の CDP 付近で立ち止まる回数が増加させた原因であると考えられる。小学校の敷地内で実験を実施したのは実験協力者である児童の安全を確保するためであったが、公道と比べて直線的な経路が少なく CDP 間の距離が短くなってしまい、誤差の生じやすい GPS の位置情報によって振動する方向の切り替えを行っていたため正しい箇所で振動方向が切り替わっていなかった可能性があった。GPS の誤差を補正する技術を用いることで改善することができると考えられる。例えば、2018 年 11 月からサービスの利用ができる準天頂衛星「みちびき」を用いることで GPS の測位誤差をおおむねセンチメートル級に補正することができる<sup>16)</sup>。提案システムの振動方向を切り替えはセンチメートル級の位置情報の誤差であれば適切なタイミングで行うことができると思われる。

複数の児童が道を曲がるときに次に振動する方向を探すことに時間がかかる様子が見られた。考えられる改善のアプローチの一つとして、道を曲がる箇所で振動する

方向を切り替えるタイミングを調整することが挙げられる。児童 e が交差点の直前ではなく約 1m 手前で立ち止まり、振動する方向を探していた箇所をわかりやすいと答えたことから、CDP から振動する方向を切り替える最適な距離を調査することで、道を曲がる時に次に振動する方向を探す時間を短縮できる可能性がある。

また、実験結果から提案システムによるナビゲーションは年齢、学年によるわかりやすさの違いは見られなかった。わかりやすさの違いは使用場所や個人の性格等によるものであると考えられる。例えば、人見知りである児童は保護者なしで知らない人がたくさんいる空間にいることを嫌がり、提案システムを用いても単独で移動することに抵抗があるかもしれない。このことから、様々な場所で実験を実施したときの提案システムのわかりやすさの違いがあるか、性格等によって提案システムのわかりやすさに違いがあるかを今後調査する必要がある。

## 5. おわり

本研究では、児童を対象にスマートフォンの振動機能を利用した災害時の避難方向指示システムを提案した。従来の避難支援システムでは対象とされることが少なかった児童に対して、地図などの普段使い慣れていないものを情報提示のツールとして利用せず、振動を用いて直感的な情報提示を行うシステムを用いて経路案内が可能かどうか検討した。

システムの開発段階で予備実験を実施し、進行方向を算出したときにその方位に対する適切な振動角度について調査した。その結果、「振動が示す方向のわかりやすさ」、「振動が示す経路のわかりやすさ」、「振動方向が変化したことのわかりやすさ」のすべての項目において実験協力者の評価値の平均値は±20 度が最もよかった。このことから±20 度の振動角度が経路案内に適していることがわかったので本研究では提案システムの振動角度に±20 度を採用した。

児童による試用実験では実験中 1 名にシステムの不具合が生じたが、その 1 名を除く 5 名全員があらかじめ設定された経路を通過し目的地に到達することができた。このこととインタビューにおいて振動に対して好意的な意見が挙げられたことから、児童に対して振動による経路案内は有効であると考えられられる。しかし道を曲がる時に次に振動する方向を探すことに時間がかかる様子が見られたことや、道でない場所を通過する児童がいたことから、災害時に迅速に安全に避難するためにはさらなる改善が必要であることがわかった。

## 参考文献

- [1] 気象庁：災害時地震・津波速報 平成 23 年(2011 年) 東北地方太平洋沖地震；pp.178(2011 年)
- [2] 警察庁：平成 23 年 警察白書；pp.2(2011 年)

- [3] 総務省：平成 27 年国勢調査 就業状態等基本集計結果；pp.18(2017 年)
- [4] 岡田延昭，山下邦弘，三浦元喜，羽山徹彩，國藤進：迷子防止のための振動による位置関係情報提示装置の提案 —カンジルホイー；日本創造学会，第六回知識創造支援システムシンポジウム報告書，pp.113-118 (2009).
- [5] 雨宮，杉山：牽引力錯覚を利用した牽引式羅針盤の開発と視覚障がい者の歩行誘導の評価；ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.11, No.4, pp.303-310 (2009).
- [6] 矢来：準天頂衛星「みちびき」による高精度測位補正技術；第 39 回国土地理院報告会，pp.47-51 (2010).